

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНОЙ СПОРАДИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ДИСПЕТЧЕРСКИХ СИСТЕМАХ НЕФТЕДОБЫЧИ

Зебзеев А.Г., Киреев П.А.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
zebzeev@gmail.com

Для систем диспетчерского управления процессами нефтедобычи с высокими требованиями к быстродействию и с большим числом низкоскоростных терминалов, генерирующих пульсирующий трафик, предпочтительно использование событийных телекоммуникационных протоколов [1]. Среди предлагаемых методов работы событийных протоколов наибольшим быстродействием обладает спорадический режим [2]. Спорадический режим характерен тем, что для каждого контролируемого сигнала телеизмерения устанавливается порог чувствительности к изменению значения его величины относительно предыдущего замера – апертура (Δ). На данный момент не существует единого подхода к определению величины апертуры телеизмерений. При установлении апертуры должны приниматься во внимание расчетные возможности каналов связи с одной стороны и требования к точности передачи данных с другой. С учетом разных требований к точности визуализации данных на мониторе диспетчера ($s_b(x_i)$) и к точности сохранения в базе данных ($s_{бд}(x_i)$), а также использование метки времени при формировании блока данных в работе [2] было предложено использование блочной спорадической передачи информации на основе двух уровней апертуры.

Апертурой первого уровня $\Delta_1(x_i)$ измеряемого параметра $x_i(t)$ называется абсолютное или относительное значение порога чувствительности параметра $x_i(t)$ к изменениям значения его текущей величины $x_i(t_{\text{тек}})$ относительно последнего отправленного значения $x_i(t_0)$, $t_{\text{тек}} > t_0$, при достижении которого необходима спорадическая передача $x_i(t_{\text{тек}})$ на диспетчерский уровень без возможности отложенной отправки (т.е. при $t > t_{\text{тек}}$), причем $s_b(x_i) \leq \Delta_1(x_i) \leq \delta(x_i)$.

Апертурой второго уровня $\Delta_2(x_i)$ измеряемого параметра $x_i(t)$ называется абсолютное или относительное значение порога чувствительности параметра $x_i(t)$ к изменениям значения его текущей величины $x_i(t_{\text{тек}})$ относительно последнего из значений: отправленного значения $x_i(t_0)$ или добавленного в блок данных с возможностью отложенной отправки $x_i(t_6)$, $t_{\text{тек}} > \max(t_0, t_6)$, при достижении которого необходимо добавление $x_i(t_{\text{тек}})$ в блок данных с возможностью отложенной отправки (т.е. при $t > t_{\text{тек}}$), причем $s_{бд}(x_i) \leq \Delta_2(x_i) \leq \delta(x_i)$.

На основании значений апертур должен быть сформирован блок данных прикладного уровня для отправки на диспетчерский уровень для архивирования и визуализации параметров. Блоки

данных прикладного уровня передаются на транспортный уровень для инкапсуляции и дальнейшей отправки. Инкапсуляция увеличивает формирующийся пакет данных дополнительными заголовками, что определяет целесообразность формирования как можно более длинного “сообщения”. В этом и заключается смысл блочной передачи данных – накопление данных (при достижении апертуры второго уровня) до тех пор, пока не заполнится весь блок или не произойдет событие, требующее срочной отправки сообщения (например, при достижении апертуры первого уровня).

Для реализации блочной спорадической передачи данных в работе [2] был описан алгоритм формирования блоков данных прикладного уровня. Однако в статье не были представлены количественные оценки работы предлагаемого алгоритма с учетом влияния основных параметров и ограничений.

Наиболее важными параметрами, влияющим на основные показатели работы алгоритма (достоверность передачи данных, объем передаваемой информации) являются значения апертур телеизмерений. При этом существенным ограничением выполнения алгоритма является быстродействие вычислительного устройства – контроллера.

Для анализа влияния указанных факторов на работу алгоритма была разработана имитационная модель (см. рис 1.) в программном пакете Matlab.

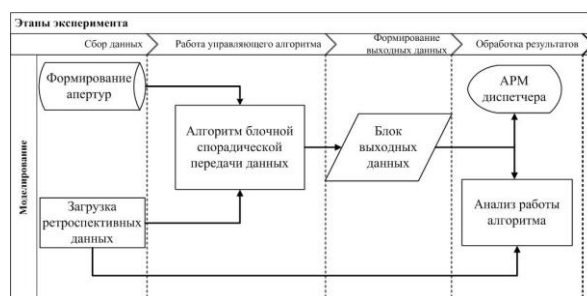


Рис 1. Экспериментальная модель оценки работы алгоритма

Приведем описание экспериментальной модели. На вход алгоритма, реализованного в программной среде Stateflow, подаются ретроспективные данные нефтедобывающего предприятия (22 типовых сигнала телеизмерений).

Типовые значения $s_{бд}(x_i)$, $s_b(x_i)$, $\delta(x_i)$, а также перечень основных величин телеизмерений нефтедобычи приведены в работе [3].

Модель программы последовательно для каждого параметра оценивает динамику их

изменений и сравнивает эти значения с величинами апертур, соответственно заданных для каждого параметра. Затем, в зависимости от динамики изменений, алгоритм формирует блок данных. В массив данных блока записываются: тэг параметра, текущее значение параметра и метка времени измерения. На этапе обработки результатов для каждого из параметров формируется двухмерный массив. В первом столбце указывается время, когда параметр превысил апертуру, а во втором соответственно сама величина в этот момент времени. Затем по полученным данным с помощью аппроксимации (с периодом 0,001 с) формируется тренд, который будет видеть диспетчер у себя на экране.

Для оценки достоверности передаваемой информации были проанализированы величины относительных и абсолютных погрешностей измерений по формулам:

$$1) \sigma_{от} = \frac{\sum_0^n \frac{(x_n - x)}{x}}{n} * 100\%;$$

$$2) \sigma_{аб} = \frac{\sum_0^n (x_n - x)}{n};$$

где: $\sigma_{от}$ – относительная погрешность, $\sigma_{аб}$ – абсолютная погрешность, x_n – массив выходных значений параметра, x – массив входных значений параметра, n – количество анализируемых точек.

Для снижения вычислительной нагрузки эксперимента при исследовании погрешности сравнивались значения массивов с периодом 0,01 с, поэтому $n = \frac{m}{100}$, где m – количество элементов интерполированного массива x_n .

Помимо наблюдения за влиянием апертур на значения погрешности передачи данных, также исследовалась зависимость от показателя быстродействия вычислительного устройства – количества операций, выполняемых за модельное время. За модельное время принята стандартная единица времени – 1 секунда.

Анализ экспериментальных данных показал, что при низких вычислительных ресурсах либо большой сложности прикладных программ контроллера для измеряемых величин с высокой динамикой, например, для напряжения электродвигателя, погрешность передачи остается достаточно высокой независимо от изменения значений апертур. Так при возможности выполнения процессором лишь 100 операций/с алгоритм формирования блока данных погрешность составляет более 0,5 % (2 В). Это объясняется тем, что процессор не успевает обрабатывать изменения контролируемой величины в пределах установленных апертур.

С увеличением частоты выполнения алгоритма растет объем передающихся значений измерений, погрешность передачи данных снижается, а основное влияние на эти величины начинают оказывать размеры апертур.

При повышении частоты выполнения алгоритма до некоторого значения данная величина уже почти не влияет на показатели процесса передачи данных (с учетом ограниченных «снизу» значений апертур). Для медленно меняющихся параметров измерений (например, температуры нефти) эта величина для рассматриваемой модели составляет меньшие значения (порядка 10000 операций/с) по сравнению с параметрами, обладающими высокой динамикой (на 1-2 порядка выше). Также данная величина пропорционально зависит от общего количества телеизмерений и от общей доли параметров с высокой динамикой.

При достаточном вычислительном ресурсе контроллера аналитическое выражение зависимости количества передаваемых данных от величин апертур приведено в работе [4]. Необходимо отметить, что в этом случае уменьшение значений апертур второго уровня до нижних границ ($s_{бд}(x_i)$) существенно снижает погрешность передачи данных (порядка 0,01 % и менее). Однако это возможно только при достаточной реальной пропускной способности канала связи, т.к. снижение величины апертур приводит к повышению загруженности сети.

Вывод. Показатели точности блочной спорадической передачи данных на основе двух уровней апертур существенным образом зависят не только от размера самих апертур, но и от вычислительных возможностей процессора. Таким образом, при использовании блочной спорадической передачи данных и определении эффективных диапазонов апертур телеизмерений необходимо оценивать реальные вычислительные ресурсы системы. При недостаточных возможностях может потребоваться пересмотр требований к достоверности передачи данных в сторону увеличения допустимой погрешности и размеров апертур либо дополнительные мероприятия по модернизации программно-технических средств.

Список литературы

1. Bevin D. Modbus и DNP3: Сравнение Эффективности Коммуникаций. Обзорная Статья/ D. Bevin // Control Microsystems Inc. – 2009. – 7 с.
2. Zebzeev A.G. Alghoritm of block sporadic data transmission for telemechanics/ IEEE, International Siberian Conference, - 2015, 4 p.
3. Зебзеев А.Г. Алгоритм определения апертур телеизмерений в системах диспетчерского управления нефтедобычей/ А.Г. Зебзеев// Прикаспийский журнал. Управление и высокие технологии. – 2015. – №3. С. 167-185.
4. Зебзеев А.Г. Формальный подход к определению оптимальных значений апертур телеизмерений/ А.Г. Зебзеев// Экспозиция Нефть Газ. - 2015 - №. 6 (45). - С. 94-97.